

**Essai d'application de la taxinomie numérique
aux genres *Bonetogastrura* Thibaud, 1974,
et *Typhlogastrura* Bonet, 1930
(Insecte Collembole Poduromorphe)**

par W. HERMOSILLA, J.-M. THIBAUD et G. KEUCK

Abstract. — Three methods of numerical taxonomy and analysis of correspondence were applied to species of the genera *Bonetogastrura* and *Typhlogastrura*, considered first separately and then together. Fifteen phenetic characters were considered ; among them, the number of eyes was the most important in all classifications. The distinction between the two genera was clear only in the analysis of correspondence, while by numerical taxonomic methods the formation of geographic groups was favoured. In any case, the two genera proved to be very heterogeneous and to consist mainly of good and well differentiated species.

Key words. — Numerical taxonomy ; Collembola ; *Bonetogastrura* ; *Typhlogastrura* ; analysis of correspondence ; character weighting.

W. HERMOSILLA, « CATIE », Turrialba, Costa Rica.

J.-M. THIBAUD, Laboratoire d'Écologie Générale, 4, av. du Petit-Château, 91800 Brunoy, France.

G. KEUCK, Liederbacherstr. 8, 6230 Frankfurt 80, RFA.

Dans le cadre d'essais d'application de la taxinomie numérique que nous avons déjà entrepris pour vingt-trois espèces du genre *Folsomia* Willem, 1902 (HERMOSILLA, KEUCK et RUBIO, 1984) et pour le genre *Schaefferia* Absolon, 1900 (HERMOSILLA, THIBAUD et KEUCK, 1984), nous continuons par l'étude des genres troglobies *Bonetogastrura* Thibaud, 1974, et *Typhlogastrura* Bonet, 1930. Ces deux genres étant très proches, nous complétons cette étude par leur analyse en commun.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

En ce qui concerne le principe de cette analyse, le lecteur se reportera aux travaux : BISCHLER et JOLY (1969) ; JOLY (1969) ; HERMOSILLA, KEUCK et RUBIO (1984) ; KEUCK (1985) ; HERMOSILLA, THIBAUD et KEUCK (1984). Pour l'analyse de correspondance, voir BENZECRI (1973) et LEBART, MORINEAU et FENELON (1979).

TABLEAU I-A. — Le genre *Bonetogastrura* Thibaud, 1974, caractères codifiés.

1 : *B. subterranea* (Carl, 1906) ; 2 : *B. balazuci* (Delamare, 1951) ; 3 : *B. variabilis* (Christiansen, 1951) ; 4 : *B. cavicola* (Börner, 1901) ; 5 : *B. spelicola* (Gisin, 1964) ; 6 : *B. delhezi* (Stomp et Thibaud, 1974) ; 7 : *B. soulensis* Thibaud, 1975.

	1	2	3	4	5	6	7	CARACTÈRES TAXINOMIQUES	PONDÉRATION « À PRIORI »
A	2	3	2	3	2	1	2	A — <i>Pigment</i> : 1) pas de pigment ; 2) légèrement pigmenté ; 3) assez bien pigmenté.	0.2
B	5	3	1	3	1	4	2	B — <i>Nombre de soies sensorielles à l'art. ant. IV</i> : 1) 7 ; 2) 7-8 ; 3) 6-9 ; 4) 8-15 ; 5) 11-17.	0.1
C	5	3	1	3	2	6	4	C — <i>Nombre de tubercules périphériques OPA</i> : 1) 3-4 ; 2) 4 ; 3) 4-5 ; 4) 5 ; 5) 5-7 ; 6) 6-7.	0.1
D	2	1	3	6	7	4	5	D — <i>Nombre de cornéules</i> : 1) 0-3 ; 2) 0-4 ; 3) 1-2 ; 4) 2-3 ; 5) 3 ; 6) 2-8 ; 7) 3-7.	0.8
E	5	6	1	2	3	4	7	E — <i>Longueur totale</i> : 1) 1200 ; 2) 1500 ; 3) 1900 ; 4) 2000 ; 5) 2300 ; 6) 2400 ; 7) 3100.	0.2
F	3	3	2	4	4	1	3	F — <i>Rapport griffe III/dens</i> : 1) 0,7 ; 2) 0,8 ; 3) 0,9 ; 4) 1,1.	0.4
G	4	5	3	2	3	1	5	G — <i>Longueur totale/plus grande longueur OPA</i> : 1) 33 ; 2) 40 ; 3) 44 ; 4) 62 ; 5) 75.	0.1
H	2	2	3	3	1	2	2	H — \emptyset <i>cornéules</i> : 1) non réduit-très réduit ; 2) très réduit ; 3) non réduit.	0.4
I	1	2	2	2	1	2	2	I — <i>Longueur totale/longueur griffe</i> : 1) 16-17 ; 2) 19-21.	0.2
J	1	2	2	3	3	1	2	J — <i>Longueur totale/longueur dens</i> : 1) 14-15 ; 2) 17-18 ; 3) 20,5.	0.4
K	4	3	2	1	2	4	4	K — <i>Nombre de soies à la dens</i> : 1) 6-7 ; 2) 7 ; 3) 7-8 ; 4) 8.	0.1
L	2	3	4	2	1	4	3	L — <i>Rapport dens/mucron</i> : 1) 1,9 ; 2) 2,15 ; 3) 2,4 ; 4) 2,5.	0.2
M	1	5	5	2	1	4	3	M — <i>Rapport longueur totale/longueur épine anale</i> : 1) 14-15 ; 2) 18 ; 3) 22 ; 4) 25,5 ; 5) 27-29.	0.1
N	1	3	3	3	3	2	2	N — <i>Nombre de soies oculaires</i> : 1) 1-3 ; 2) 2 ; 3) 2-3.	0.2
O	4	4	1	4	3	4	2	O — <i>Chétotaxie dorsale de la rangée moyenne de l'abd. IV</i> : 1) 0-3 ; 2) 1-3 ; 3) 2-3 ; 4) 3.	0.2

TABLEAU I-B. — Le genre *Typhlogastrura* Bonet, 1930, caractères codifiés.

1 : *T. mendizabali* (Bonet, 1930) ; 2 : *T. atlantea* (Gisin, 1952) ; 3 : *T. breuillei* (Thibaud, 1967) ; 4 : *T. topali* (Loksa et Bogojevic, 1967) ; 5 : *T. alabamensis* Thibaud, 1975 ; 6 : *T. christianseni* Thibaud, 1975.

	1	2	3	4	5	6	CARACTÈRES TAXINOMIQUES	PONDÉRATION « À PRIORI »
A	1	1	2	3	2	2	A — <i>Pigment</i> : 1) pas de pigment ; 2) légèrement pigmenté ; 3) assez bien pigmenté.	0.2
B	6	5	4	2	3	1	B — <i>Nombre de soies sensorielles à l'art. ant. IV</i> : 1) 7 ; 2) 5-9 ; 3) 7-9 ; 4) 9 ; 5) 8-14 ; 6) 8-16.	0.1
C	6	5	4	2	3	1	C — <i>Nombre de tubercules périphériques OPA</i> : 1) 4 ; 2) 3-5 ; 3) 4-5 ; 4) 5-7 ; 5) 5-9 ; 6) 4-11.	0.1
D	2	1	3	4	6	5	D — <i>Nombre de cornéules</i> : 1) 0 ; 2) 0-1 ; 3) 2-3 ; 4) 2-5 ; 5) 4 ; 6) 4-6.	0.8
E	5	3	4	1	2	1	E — <i>Longueur totale</i> : 1) 1200 ; 2) 1500 ; 3) 1700 ; 4) 1800 ; 5) 2500.	0.2
F	1	1	1	3	2	1	F — <i>Rapport griffe III/dens</i> : 1) 0,9 ; 2) 1,1 ; 3) 1,3.	0.4
G	4	2	3	3	3	1	G — <i>Longueur totale/plus grande longueur OPA</i> : 1) 38 ; 2) 44 ; 3) 49 ; 4) 66.	0.1
H	1	1	2	2	3	3	H — \emptyset <i>cornéules</i> : 1) 0 ; 2) peu réduit ; 3) non réduit.	0.4
I	1	4	2	6	5	3	I — <i>Longueur totale/longueur griffe</i> : 1) 15 ; 2) 16,5 ; 3) 17,5 ; 4) 18,5 ; 5) 19,5 ; 6) 21.	0.2
J	1	3	2	5	4	2	J — <i>Longueur totale/longueur dens</i> : 1) 13,5 ; 2) 15-15,5 ; 3) 17 ; 4) 21 ; 5) 27,5.	0.4
K	5	4	3	1	2	3	K — <i>Nombre de soies à la dens</i> : 1) 4-7 ; 2) 6-7 ; 3) 7 ; 4) 7-8 ; 5) 7-9.	0.1
L	1	3	3	2	1	1	L — <i>Rapport dens/mucron</i> : 1) 2,2 ; 2) 2,6 ; 3) 2,85.	0.2
M	3	4	2	3	1	2	M — <i>Rapport longueur totale/longueur épine anale</i> : 1) 18 ; 2) 21 ; 3) 23 ; 4) 25.	0.1
N	2	1	4	3	5	5	N — <i>Nombre de soies oculaires</i> : 1) 0-2 ; 2) 1-2 ; 3) 1-3 ; 4) 2 ; 5) 2-3.	0.2
O	1	1	1	2	2	2	O — <i>Chétotaxie dorsale de la rangée moyenne de l'abd. IV</i> : 1) 2 ; 2) 3.	0.2

Pour la partie systématique, nous renvoyons le lecteur au travail de THIBAUD (1980).

Nous analysons treize espèces, sept du genre *Bonetogastrura* Thibaud, 1974, et six du genre *Typhlogastrura* Bonet, 1930, chacune avec quinze caractères taxinomiques (tabl. I). Chaque caractère est représenté par une lettre, chaque variation par un chiffre.

Il est bien entendu que les caractères toujours présents ou identiques chez toutes les espèces analysées ne sont pas pris en considération.

La matrice a été calculée de trois façons différentes : la première sans pondération, c'est-à-dire que l'on donne la même valeur à tous les caractères ; la seconde, en utilisant les facteurs globaux pour pondérer les caractères (JOLY, 1969) ; la troisième, en utilisant les caractères pondérés « à priori » selon l'appréciation de l'un d'entre nous.

Les résultats des analyses sont représentés par des dendrogrammes obtenus par la méthode de WARD (1963), discutée dans le travail de HERMOSILLA, KEUCK et RUBIO (1984).

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A — GENRE *Bonetogastrura*

Dans le tableau II sont donnés les résultats des indices d'homogénéité et les indices des facteurs globaux, qui montrent une hétérogénéité très nette entre les sept espèces considérées, et ce, tout spécialement, pour les cinq premiers facteurs globaux et les cinq derniers indices d'homogénéité.

Comme pour les *Schaefferia*, le nombre de cornéules et la longueur totale sont les deux caractères les plus importants à considérer dans la classification systématique (cf. tabl. II). Puis, en ordre décroissant d'intérêt : le nombre de tubercules périphériques à l'organe post-antennaire, les rapports longueur totale/plus grande longueur de cet organe, longueur totale/longueur épine anale, longueur dens/longueur mucron, longueur griffe III/longueur dens ; nombre de soies à la dens. Rappelons que les caractères avec peu de variations sont moins importants pour la taxinomie numérique dans un groupe hétérogène.

Du point de vue de la répartition géographique, toutes ces espèces sont holarctiques : quatre dans la région européenne, deux dans la région méditerranéenne et une dans la région est-américaine et dans la région arctique. Ce genre semble donc moins hétérogène, géographiquement, que *Schaefferia*. Elles sont pour la plupart troglobies ; seule *B. variabilis* (sol de l'Alaska, *Sphagnum* et litière dans le Wisconsin) peut être considérée comme hémidaphique. Toutes ces espèces vivent dans des biotopes frais et humides.

Dans le dendrogramme (fig. I) on observe deux grands groupes. Le premier avec trois espèces : *delhezi*, *subterranea* (formant un sous-groupe d'une certaine homogénéité) et *soulensis*. Le deuxième avec deux sous-groupes très homogènes, particulièrement *balazuci* et *cavicola*, et *variabilis* et *spelicola*.

B. soulensis et *balazuci* sont les espèces « centrales ». Au contraire, *delhezi* et *spelicola* sont « marginales ». Les trois autres sont dites « intermédiaires ».

L'affinité entre espèces peut être déterminée en mesurant le gradient de similitude entre elles, gradient basé sur les différents états de chacun des caractères que nous avons codifiés

(tabl. I-A). Pour chaque espèce nous connaissons les trois ou quatre espèces les plus affines (fig. 2).

B. balazuci présente la plus grande affinité rencontrée entre toutes les espèces avec *cavicola* et *soulensis* (fig. 2). *B. balazuci* a en commun avec celles-ci six des quinze caractères, dont les deux plus importants avec *cavicola* et un seul avec *soulensis* (cf. tabl. I-A). Dans sa description de *balazuci*, DELAMARE (1951) place cette espèce entre les *Typhlogastrura* et les *Schaefferia-Spelaogastrura* et la considère très proche de *subterranea* et de *Typhlogastrura mendizabali*, considérations non confirmées dans notre travail. THIBAUD (1980) signale que *cavicola* est, pour la chétotaxie dorsale, proche de *balazuci* et que *soulensis* est proche de *balazuci* et de *subterranea*, résultat (exclu *subterranea*) confirmés par notre étude.

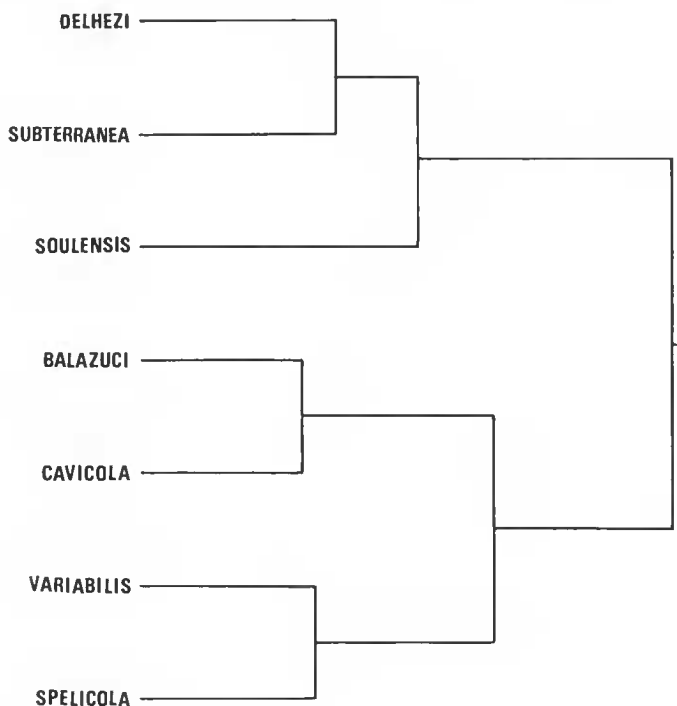


FIG. 1. — *Bonetogastrura* : Dendrogramme pour les sept espèces obtenu sans pondération des caractères.

La grande affinité constatée entre *balazuci* et *cavicola*, ainsi qu'entre *balazuci* et *soulensis*, ne se retrouve pas entre *cavicola* et *soulensis*, ceci parce que ces deux dernières n'ont en commun que des caractères de peu d'importance systématique. Dans le dendrogramme (fig. 1), *balazuci* et *cavicola* forment le sous-groupe le plus homogène. *B. soulensis* appartient isolément à l'autre groupe (avec *delhezi* et *subterranea*).

B. balazuci, *cavicola* et *soulensis* ont une affinité moins forte avec *variabilis*. THIBAUD (1980) indique que par la chétotaxie *variabilis* est très proche de *balazuci*.

B. variabilis et *spelicola* sont ensuite les espèces les plus affines, mais d'une affinité plus éloignée, car elles ont cinq caractères en commun, dont deux sont importants. Dans sa description de *variabilis*, CHRISTIANSEN (1951) l'inclut dans *Schaefferia* (proche du groupe *emucronata*). GISIN (1964) signale que *spelicola* est très proche de *cavicola*, résultats non confirmés par notre travail, puisque ces deux espèces ont seulement en commun trois caractères peu importants. THIBAUD (1980), en accord avec nos résultats, indique un certain nombre de caractères communs entre *balazuci*, *cavicola* et *subterranea*.

Dans le dendrogramme (fig. 1) *variabilis* et *spelicola* forment un sous-groupe homogène dans le groupe de *balazuci* et *cavicola*.

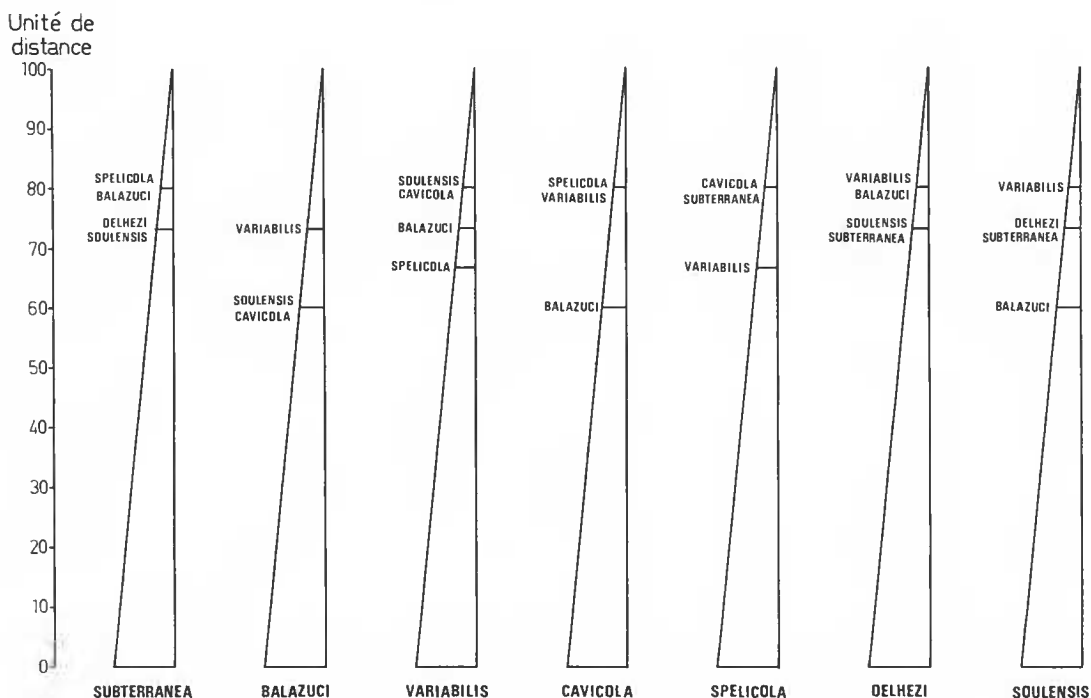


FIG. 2. — *Bonetogastrura* : Schéma montrant la distance de chaque espèce avec les trois ou quatre espèces les plus proches.

B. subterranea et *delhezi* ont quelques affinités entre elles avec quatre caractères communs. Deux de ces caractères (diamètre cornéules et longueur dens) ont d'ailleurs été privilégiés dans notre pondération « à priori ». CARL (1906) tenait *subterranea* pour assez proche de *cavicola*. STOMP et THIBAUD (1974) en décrivant *delhezi* rapprochent, pour la chétotaxie, cette espèce de *balazuci*. Ces deux hypothèses sont vérifiées par notre travail (fig. 1 et 2). *B. subterranea* et *delhezi* ont la même affinité avec *soulensis*. THIBAUD (1975) rapproche *subterranea* de *soulensis*. Rappelons que *delhezi* et *subterranea* sont, dans le dendrogramme (fig. 1), dans le même sous-groupe et dans le même groupe avec *soulensis*.

Pour compléter cette étude nous avons établi deux autres dendrogrammes (fig. 3 et 4), un avec la pondération d'après l'indice des facteurs globaux (JOLY, 1969), l'autre par notre pondération « à priori » (cf. tabl. I-A).

En comparant les trois dendrogrammes (fig. 1, 3 et 4), on observe que les espèces « centrales », « marginales » et « intermédiaires » sont les mêmes et que *delhezi* et *subterranea* restent toujours dans le même sous-groupe. La seule grande différence entre le dendrogramme sans pondération et celui avec la pondération de JOLY est la constitution d'un sous-groupe avec *balazuci*, *soulensis* et *cavicola*. La différence entre le dendrogramme de base et celui avec notre pondération « à priori » est que *balazuci* change de groupe, ceci étant dû, bien sûr, à la forte pondération donnée au nombre de cornéules résiduelles, ainsi qu'au diamètre de ces cornéules et à la longueur de la dens (problème de l'affinité de *delhezi* et *subterranea*).

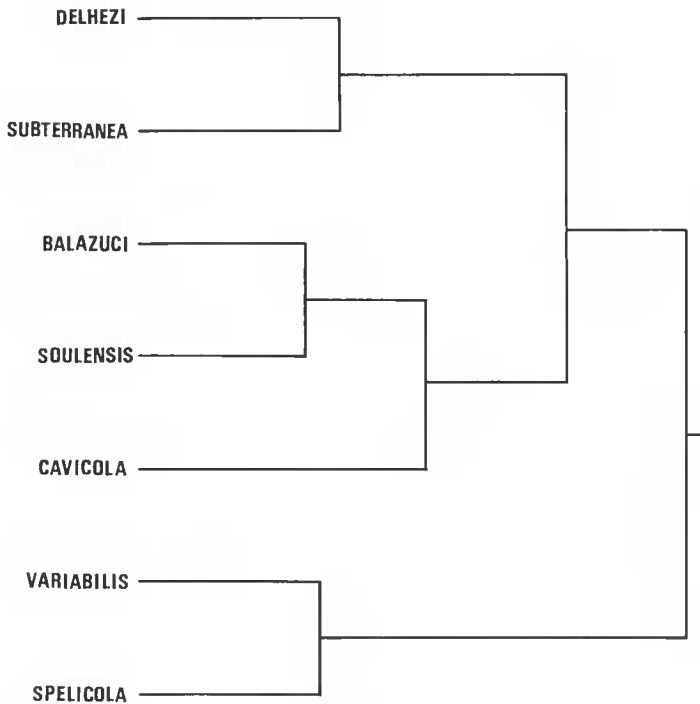


FIG. 3. — *Bonetogastrura* : Dendrogramme pour les sept espèces obtenu avec la méthode de pondération des caractères de JOLY.

Seule *cavicola* présente une position différente dans les trois dendrogrammes. De plus, elle est la plus éloignée de toutes, exception faite de *balazuci* (fig. 2). En effet, *cavicola* est une espèce « charnière » entre les genres *Ceratophysella* et *Bonetogastrura*, puisque certaines de ses populations portent 8 + 8 cornéules et d'autres un nombre réduit de cornéules.

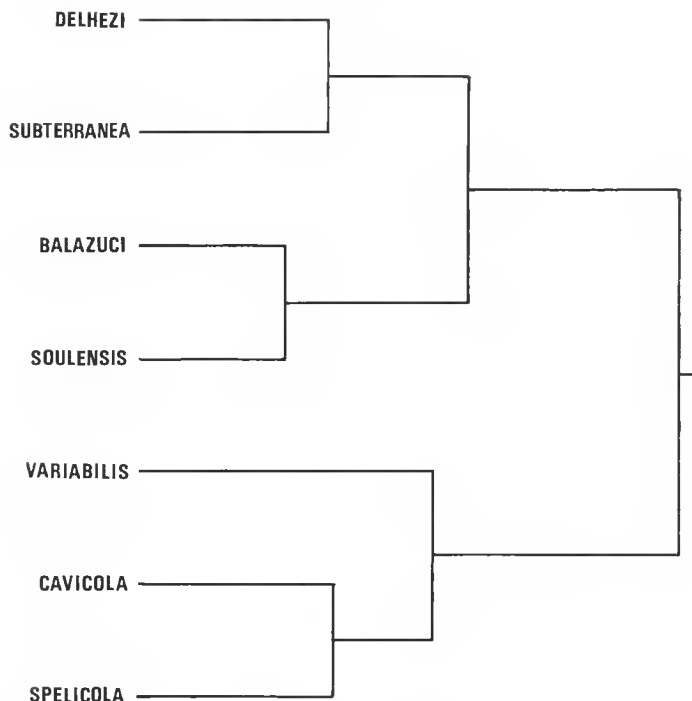


FIG. 4. — *Bonetogastrura* : Dendrogramme pour les sept espèces obtenu avec la méthode de pondération des caractères « à priori ».

Par analyse de correspondance¹ nous trouvons deux groupes d'espèces répartis en « nuages » (fig. 5). Le premier avec *balazuci*, *soulensis* et *delhezi* caractérisé par un nombre de cornéules réduit, peu de pigment, une petite dens, un organe postantennaire bien développé et avec beaucoup de tubercules, et une grande taille. Le second, avec *cavicola* et *spelicola*, dont les caractères, surtout pour la première, sont opposés à ceux du groupe précédent.

Les deux espèces restantes, *variabilis* et *subterranea*, sont isolées et surtout opposées sur l'axe 2 avec, pour la première la dens, les griffes et les deux épines anales bien développées.

En examinant tous ces résultats nous constatons que *soulensis* et *balazuci* sont toujours très proches.

B — GENRE *Typhlogastrura*

Dans le tableau II sont donnés les résultats des indices d'homogénéité et les indices des facteurs globaux, qui montrent une hétérogénéité nette entre les six espèces considérées, hétérogénéité toutefois moindre que celles des genres *Bonetogastrura* et *Schaefferia*.

1. Nous tenons à remercier notre collègue J.-F. PONGE, Maître-Assistant au Muséum, d'avoir eu l'amabilité d'effectuer les analyses de correspondance.

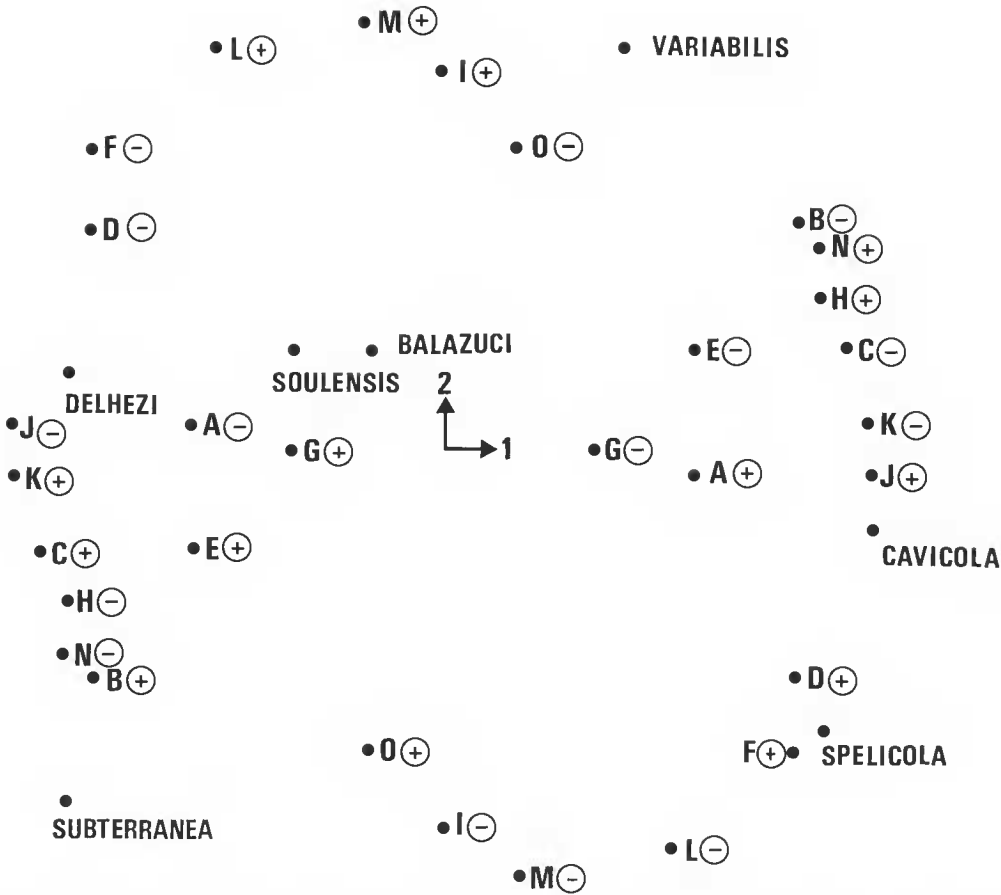


FIG. 5. — *Bonetogastrura* : Analyse de correspondance : représentation dans le plan des axes 1 et 2. Les lettres correspondent aux caractères considérés qui sont donnés dans le tableau I-A. Le signe + indique un sens « plus » ; le signe — indique un sens « moins » (exemple : pour le caractère D, nombre de cornéules ; + : beaucoup de cornéules ; — : peu ou pas de cornéules).

Quatre caractères sont très importants pour la classification systématique (cf. tabl. II) : nombre de cornéules, longueur griffe, nombres de tubercules périphériques à l'organe postantennaire et de soies sensorielles à l'article antennaire IV. Puis, en ordre décroissant : longueurs totale et de la dens, nombre de soies à la dens et sur l'aire oculaire.

Toutes ces espèces sont holarctiques : deux dans la région est-américaine, deux dans la région européenne et deux dans la région méditerranéenne. Ce genre, comme *Bonetogastrura*, semble donc moins hétérogène, géographiquement, que *Schaefferia*. Elles sont toutes troglobies et vivent dans des biotopes frais (proche de 10°C) et humides.

Dans le dendrogramme (fig. 6), on observe deux grands groupes. Le premier avec deux espèces homogènes : *atlantea* et *mendizabali*. Le deuxième avec le sous-groupe le plus

TABLEAU II. — *Bonetogastrura* et *Typhlogastrura*, indices d'homogénéité et des facteurs globaux ordonnés pour les deux genres séparés.

Genre <i>Bonetogastrura</i>		Genre <i>Typhlogastrura</i>	
VALEURS ORDONNÉES		VALEURS ORDONNÉES	
<i>Indice d'homogénéité</i>	<i>Indice des facteurs globaux</i>	<i>Indice d'homogénéité</i>	<i>Indice des facteurs globaux</i>
I .524	E .136	F .400	B .108
N .333	D .136	O .400	C .108
H .333	C .134	A .267	I .108
A .333	B .128	L .267	D .104
O .286	G .127	G .200	N .104
J .238	M .125	H .200	J .102
K .190	L .115	M .133	K .102
F .190	K .115	E .067	E .098
L .143	F .112	J .067	H .091
M .095	J .109	K .067	M .089
G .095	H .101	N .067	A .086
B .095	O .099	B .000	L .079
C .048	N .097	C .000	G .078
E .000	A .090	I .000	O .071
D .000	I .076	D .000	F .069

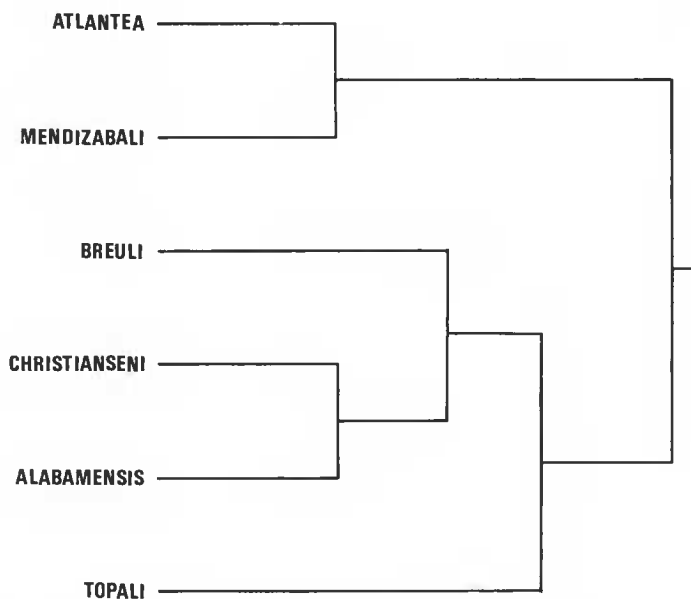


FIG. 6. — *Typhlogastrura* : Dendrogramme pour les six espèces obtenu sans pondération des caractères.

homogène : *breuili* et *christianseni*, et deux espèces plus éloignées : *alabamensis* et *topali*. Les deux plus proches sont *breuili* et *christianseni*.

Les affinités entre les espèces de *Typhlogastrura* sont moins fortes qu'elles ne le sont chez *Bonetogastrura* et *Schaefferia* (fig. 7).

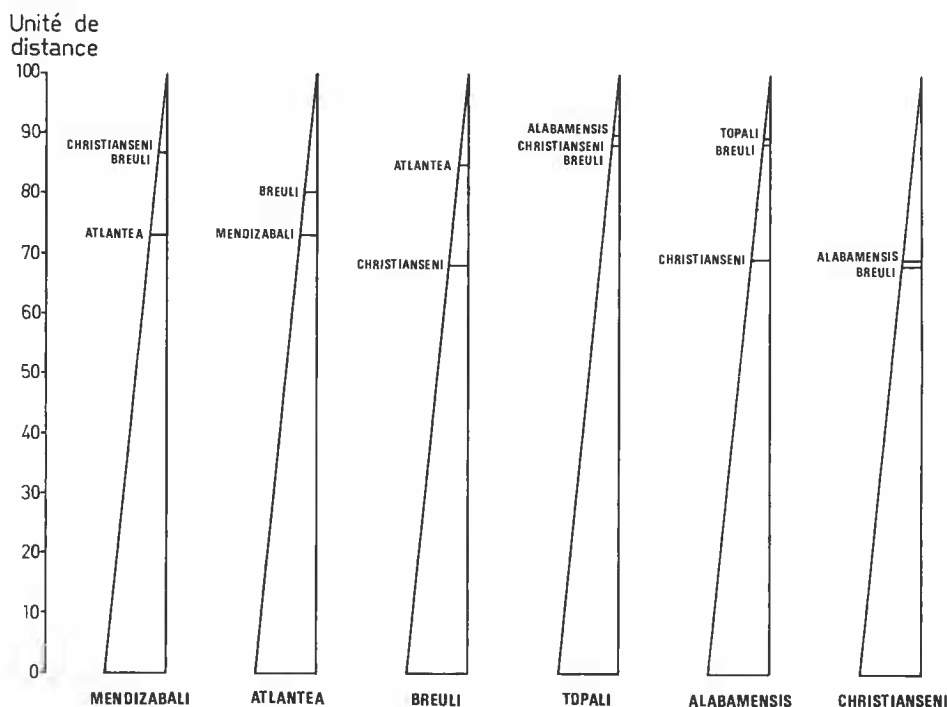


FIG. 7. — *Typhlogastrura* : Schéma montrant la distance de chaque espèce avec les deux ou trois espèces les plus proches.

T. breuili et *christianseni* sont les plus proches. Elles ont en commun cinq caractères, dont deux importants taxinomiquement et deux en accord avec notre pondération « à priori ». *T. christianseni* est proche aussi de *alabamensis*. THIBAUD (1980) rapproche aussi ces deux espèces, ainsi que *topali*, mais dans un moindre degré (THIBAUD, 1975) ; elle est dans nos résultats, la troisième plus proche. *T. alabamensis* et *christianseni* présentent cinq caractères communs, et *topali* et *christianseni* deux seulement (tabl. I-B). Le dendrogramme (fig. 6) confirme le rapprochement de *breuili* et de *christianseni* et, dans une moindre mesure, de *alabamensis*.

T. mendizabali et *atlantea* sont proches : elles ont en commun quatre caractères, dont deux en accord avec notre pondération « à priori » (tabl. I-B). BONET (1930) rapproche *mendizabali* de *B. subterranea*, GISIN (1952) *atlantea* de *mendizabali*, ceci étant en accord avec nos résultats.

T. topali est la plus isolée de toutes ; les deux espèces les moins éloignées d'elle sont *breuili* et *christianseni*. *T. topali* est d'ailleurs, dans le dendrogramme (fig. 6), dans le même groupe que *breuili*, *christianseni* et *alabamensis*, mais à part. THIBAUD (1980) rapproche *topali* de *alabamensis*, *christianseni* et de *B. spelicola*, ceci est confirmé, sauf pour *B. spelicola*, par nos résultats.

Pour compléter cette étude nous avons établi deux autres dendrogrammes, l'un avec la pondération de JOLY (fig. 8), l'autre avec notre pondération « à priori » (fig. 9). Le dendrogramme avec la pondération de JOLY est le même que celui sans pondération, avec la même position des espèces (« centrales », « marginales », « intermédiaires »). Par contre, celui avec notre pondération « à priori » (fig. 9), où nous avons privilégié les cornéules, rapproche *christianseni* et *alabamensis*.

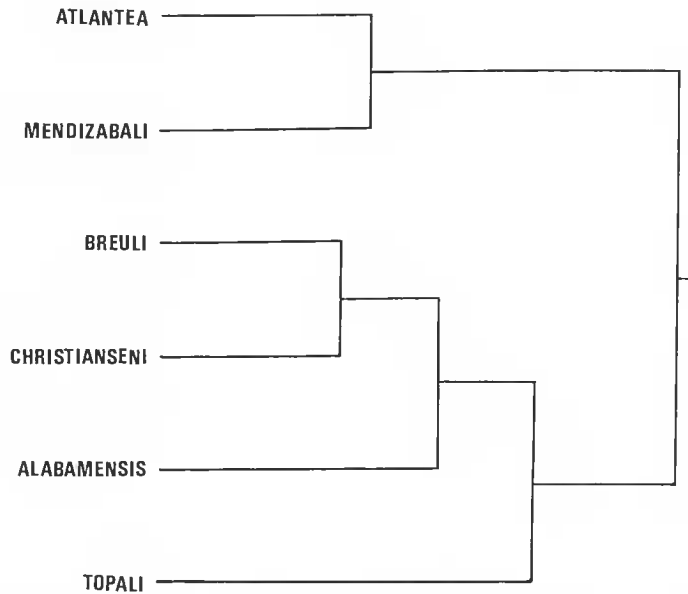


FIG. 8. — *Typhlogastrura* : Dendrogramme pour les six espèces obtenu avec la méthode de pondération des caractères de JOLY.

Par l'analyse des correspondances nous trouvons deux espèces proches, *christianseni* et *alabamensis*, toutes deux des États-Unis. Les quatre autres, européennes ou méditerranéennes, sont éloignées sur les deux axes du dendrogramme, *topali* étant la plus isolée (fig. 10).

En examinant tous ces résultats nous constatons que trois espèces sont toujours très proches : *christianseni*, *alabamensis* et *breuili*, les deux premières espèces étant plus homogènes. *T. atlantea* et *mendizabali* sont proches, alors que *topali* est toujours la plus éloignée.

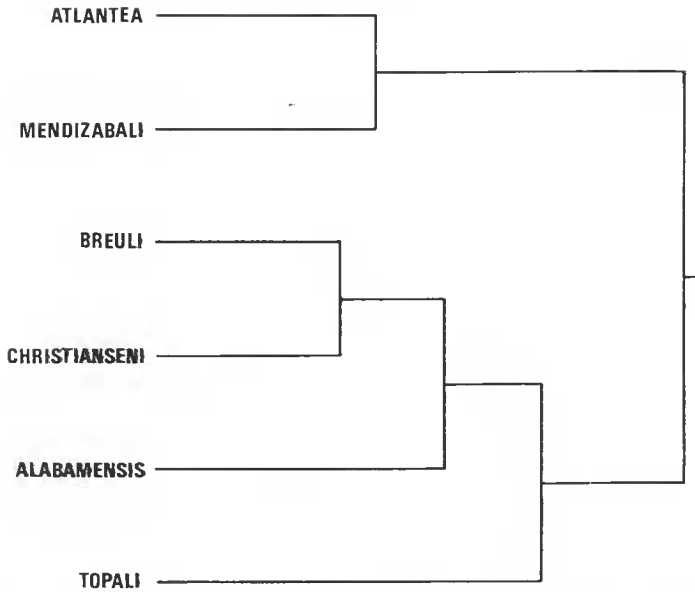


FIG. 9. — *Typhlogastrura* : Dendrogramme pour les six espèces obtenu avec la méthode de pondération des caractères « à priori ».

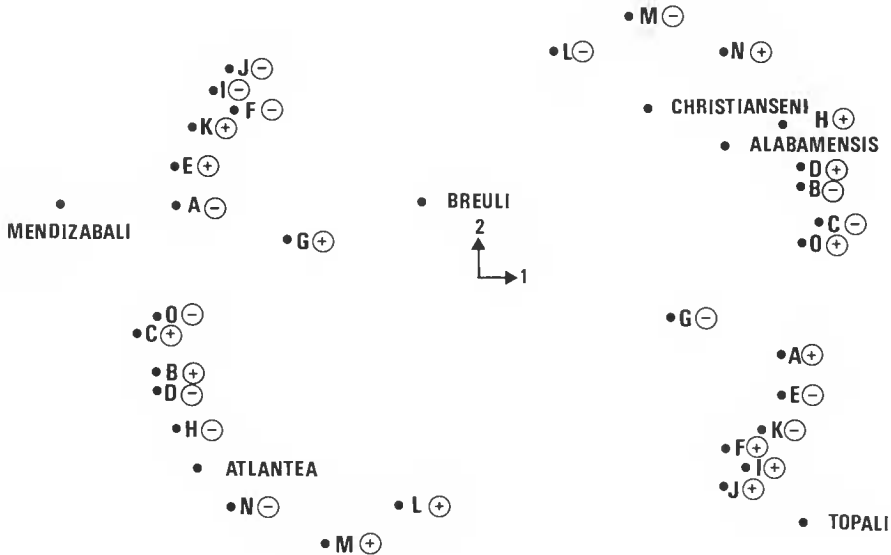


FIG. 10. — *Typhlogastrura* : Analyse de correspondance : représentation dans le plan des axes 1 et 2. Les lettres correspondent aux caractères considérés qui sont donnés dans le tableau I-B. Le signe + indique un sens « plus » ; le signe - indique un sens « moins » (exemple : pour le caractère D, le nombre de cornéules ; + : beaucoup de cornéules ; - : peu ou pas de cornéules).

TABLEAU III. — Les genres *Bonetogastrura* et *Typhlogastrura* réunis, caractères codifiés.

1 : *B. subterranea* (Carl, 1906) ; 2 : *B. balazuci* (Delamare, 1951) ; 3 : *B. variabilis* (Christiansen, 1951) ; 4 : *B. cavicola* (Börner, 1901) ; 5 : *B. spelicola* (Gisin, 1964) ; 6 : *B. delhezi* (Stomp et Thibaud, 1974) ; 7 : *B. soulensis* (Thibaud, 1975) ; 8 : *T. mendizabali* (Bonet, 1930) ; 9 : *T. atlantea* (Gisin, 1952) ; 10 : *T. breuili* (Thibaud, 1967) ; 11 : *T. topali* (Loksa et Bogojevic, 1967) ; 12 : *T. alabamensis* Thibaud, 1975 ; 13 : *T. christianseni* Thibaud, 1975.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	CARACTÈRES TAXINOMIQUES	PONDÉRATION « À PRIORI »
A	2	3	2	3	2	1	2	1	1	2	3	2	2	A — Pigment : 1) pas de pigment ; 2) légèrement pigmenté ; 3) assez bien pigmenté.	0.2
B	6	3	2	1	2	4	3	4	4	5	1	3	2	B — Nombre de soies sensorielles à l'art. ant. IV : 1) 5-9 ; 2) 7 ; 3) 7-9 ; 4) 8-14 ; 5) 9 ; 6) 11-17.	0.1
C	6	2	1	2	3	6	5	4	7	6	2	2	3	C — Nombre de tubercules périphériques OPA : 1) 3-4 ; 2) 3-5, 4-5 ; 3) 4 ; 4) 4-11 ; 5) 5 ; 6) 5-7 ; 7) 5-9.	0.1
D	4	3	5	7	9	6	8	2	1	6	6	9	10	D — Nombre de cornéules : 1) 0 ; 2) 0-1 ; 3) 0-3 ; 4) 0-4 ; 5) 1-2 ; 6) 2-3, 2-5 ; 7) 2-8 ; 8) 3 ; 9) 3-7, 4-6 ; 10) 4.	0.8
E	5	5	1	2	4	4	6	5	3	3	1	2	1	E — Longueur totale : 1) 1200 ; 2) 1500 ; 3) 1700-1800 ; 4) 1900-2000 ; 5) 2300-2500 ; 6) 3100.	0.2
F	3	3	2	4	4	1	3	3	2	3	5	4	3	F — Rapport griffe III/dens : 1) 0,7 ; 2) 0,8 ; 3) 0,9 ; 4) 1,1 ; 5) 1,3.	0.4
G	5	7	3	2	3	1	7	6	3	4	4	4	2	G — Longueur totale/plus grande longueur OPA : 1) 33 ; 2) 38-40 ; 3) 44 ; 4) 49 ; 5) 62 ; 6) 66 ; 7) 75.	0.1
H	2	2	5	5	4	2	2	1	1	3	3	5	5	H — Ø cornéules : 1) 0 ; 2) très réduit ; 3) peu réduit ; 4) non réduit-peu réduit ; 5) non réduit.	0.4
I	2	3	4	4	3	4	4	1	3	2	4	3	3	I — Longueur totale/longueur griffe : 1) 15 ; 2) 16-17 ; 3) 17,5-19,5 ; 4) 20-21.	0.2
J	1	3	3	4	4	2	3	1	3	2	5	4	2	J — Longueur totale/longueur dens : 1) 13,5-14 ; 2) 15-15,5 ; 3) 17-18 ; 4) 20,5-21 ; 5) 27,5.	0.4
K	5	4	3	2	3	5	5	6	4	3	1	2	3	K — Nombre de soies à la dens : 1) 4-7 ; 2) 6-7 ; 3) 7 ; 4) 7-8 ; 5) 8 ; 6) 7-9.	0.1
L	2	3	4	2	1	4	3	3	5	5	4	3	3	L — Rapport dens/mucron : 1) 1,9 ; 2) 2,1-2,2 ; 3) 2,3-2,4 ; 4) 2,5-2,6 ; 5) 2,8-2,9.	0.2
M	1	5	5	2	1	4	3	3	4	3	3	2	3	M — Rapport longueur totale/longueur épine anale : 1) 14-16 ; 2) 18 ; 3) 20-23,5 ; 4) 25-26 ; 5) 27-29.	0.1
N	3	5	5	5	5	4	4	2	1	4	3	5	5	N — Nombre de soies oculaires : 1) 0-2 ; 2) 1-2 ; 3) 1-3 ; 4) 2 ; 5) 2-3.	0.2
O	5	5	1	5	4	5	2	3	3	3	5	5	5	O — Chétotaxie dorsale de la rangée moyenne de l'abd. IV : 1) 0-3 ; 2) 1-3 ; 3) 2 ; 4) 2-3 ; 5) 3.	0.2
P	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	P — Groupe chétotaxique : 1) A ; 2) B.	0.6

C — GENRES *Bonetogastrura* ET *Typhlogastrura* ÉTUDIÉS ENSEMBLE

Anciennement seul le genre *Typhlogastrura* existait. THIBAUD (1974), en se fondant essentiellement sur des critères chétotaxiques, le subdivisa en deux : *Typhlogastrura* et *Bonetogastrura*. Il nous a semblé intéressant, après avoir effectué ci-dessus un essai d'application de la taxinomie numérique et de l'analyse de correspondance sur chacun de ces deux genres, d'effectuer les mêmes traitements statistiques sur ces deux genres réunis (cf. tabl. III).

Le tableau IV montre une plus grande hétérogénéité que celle montrée lors de l'étude des deux genres pris séparément.

Dans les dendrogrammes (fig. 11 et 12) nous voyons deux grands groupes. Le premier avec deux sous-groupes, chacun comprenant quatre espèces, l'un du genre *Typhlogastrura* (*mendizabali*, *atlantea*, *breuili* et *topali*), l'autre du genre *Bonetogastrura* (*subterranea*, *delhezi*, *soulensis* et *balazuci*). Le deuxième groupe avec deux espèces de *Typhlogastrura* (*alabamensis* et *christianseni*) mélangées, dans les deux sous-groupes, avec trois espèces de *Bonetogastrura* (*cavicola*, *variabilis* et *spelicola*). Nous constatons que le premier groupe renferme seulement des espèces européennes, alors que le second comprend les trois espèces nord-américaines. Par contre, le dendrogramme (fig. 13) avec la pondération « à priori » (cf. tabl. III), présente deux groupes : l'un de *Bonetogastrura*, comprenant cependant les deux *Typhlogastrura* nord-américains (*alabamensis* et *christianseni*) ; l'autre de *Typhlogastrura*, avec cependant *Bonetogastrura delhezi*.

TABLEAU IV. — *Bonetogastrura* et *Typhlogastrura*, indices d'homogénéité et des facteurs globaux ordonnés pour les deux genres réunis.

VALEURS ORDONNÉES	
Indice d'homogénéité	Indice des facteurs globaux
P .462	D .144
A .346	G .137
O .308	C .136
I .269	E .135
N .244	B .134
F .244	K .134
L .192	H .132
M .179	J .127
H .179	M .126
J .167	L .126
K .141	N .123
C .128	F .119
B .128	I .114
E .115	O .111
G .103	A .104
D .051	P .091

Signalons que *B. cavicola* et *T. alabamensis*, qui partagent neuf caractères en commun sur seize, sont les deux espèces les plus proches (fig. 11). Cependant, les deux caractères les plus importants phylogénétiquement (nombre de cornéules et groupe chétotaxique) ne sont pas en commun ; par contre, trois caractères de valeur moyenne sont en commun chez ces deux espèces.

En examinant le graphique de l'analyse de correspondance (fig. 14) nous constatons que la distinction entre les deux genres, distinction basée sur la chétotaxie (groupes A et B = axe 2), est assez bien respectée, sauf pour *B. variabilis* qui se rapproche des deux autres espèces nord-américaines (*T. alabamensis* et *christianseni*).

Sur l'axe 1, toutes les espèces sont bien réparties selon leur nombre de cornéules résiduelles, nombre que nous avons privilégié dans la pondération « à priori » à cause de sa haute valeur phylogénétique et taxinomique (tabl. III).

Nous constatons enfin que toutes ces espèces ne sont pas regroupées en « nuages » ; elles sont au contraire, en général, bien dispersées, ceci signifiant que ce sont de « bonnes » espèces bien individualisées.

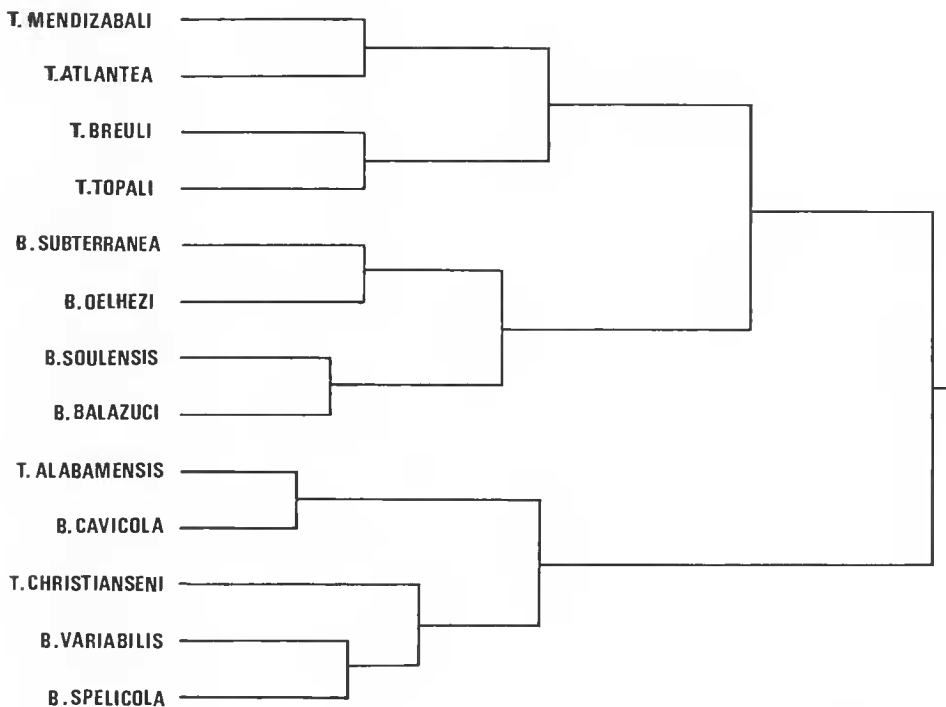


FIG. 11. — *Bonetogastrura* et *Typhlogastrura* : Dendrogramme pour les treize espèces de ces deux genres étudiées ensemble, obtenu sans pondération des caractères.

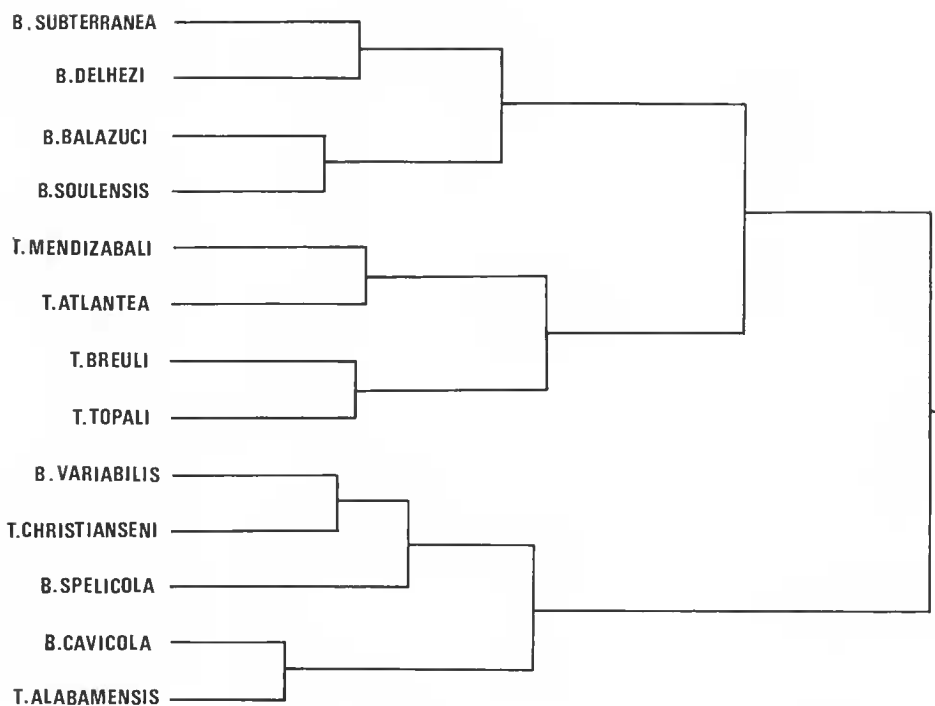


FIG. 12. — *Bonetogastrura* et *Typhlogastrura* : Dendrogramme pour les treize espèces obtenu avec la méthode de pondération des caractères de JOLY.

CONCLUSIONS

Nous avons appliqué trois méthodes de taxinomie numérique et l'analyse de correspondance pour étudier les espèces des genres *Bonetogastrura* Thibaud, 1974, et *Typhlogastrura* Bonet, 1930, d'abord prises séparément, puis ensemble. Pour cela nous avons considéré quinze caractères phénotypiques, chacun avec un nombre de variations fluctuant de 2 à 7 (tabl. I et III). Les résultats obtenus ont été résumés dans neuf dendrogrammes et deux schémas avec les unités de distance indiquant les affinités entre les espèces et, enfin, dans trois graphiques d'analyse de correspondance.

Les principales conclusions sont les suivantes :

— Les deux genres sont hétérogènes, légèrement moins cependant pour *Typhlogastrura*. Notons que l'hétérogénéité est plus grande lorsque l'on examine les deux genres réunis.

— Le nombre de cornéules subsistant est toujours le caractère le plus important à considérer dans la classification systématique de ces deux genres.

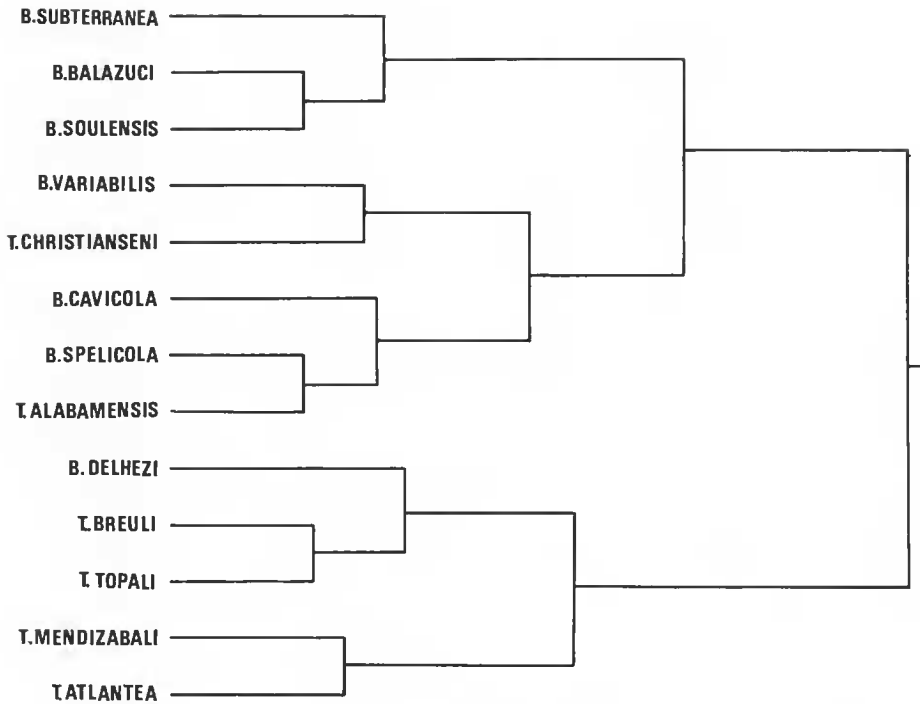


FIG. 13. — *Bonetogastrura* et *Typhlogastrura* : Dendrogramme pour les treize espèces obtenu avec la méthode de pondération des caractères « à priori ».

— Chez les *Bonetogastrura* on observe deux grands groupes (fig. 1) : le premier avec *delhezi*, *subterranea* et *soulensis* ; le deuxième avec deux sous-groupes très homogènes : *balazuci-cavicola* et *variabilis-spelicola*.

— Chez les *Typhlogastrura* on observe aussi deux grands groupes (fig. 6) : le premier avec deux espèces homogènes : *atlantea* et *mendizabali* ; le deuxième avec le sous-groupe le plus homogène, *breuli-christianseni*, et deux espèces plus éloignées : *alabamensis* et *topali*.

— Nous avons établi d'autres dendrogrammes, soit avec la pondération d'après l'indice des facteurs globaux (JOLY, 1969), soit avec notre pondération « à priori » (cf. tabl. I et III). Chez *Bonetogastrura* (fig. 3 et 4), seule *cavicola* présente une position différente dans les dendrogrammes. En effet, *cavicola* est une espèce « charnière » entre les genres *Ceratophysella* et *Bonetogastrura*.

— L'analyse de correspondance regroupe parfois les espèces en « nuages ». Ainsi, chez les *Bonetogastrura* (fig. 5), *balazuci-soulensis-delhezi* s'opposent à *cavicola-spelicola* ; quant à *variabilis* et *subterranea* elles sont plus isolées. Chez les *Typhlogastrura* (fig. 10) les deux espèces des États-Unis, *christianseni* et *alabamensis*, sont proches. Les quatre autres, européennes ou méditerranéennes, sont éloignées. Si nous examinons le graphique (fig. 14) des

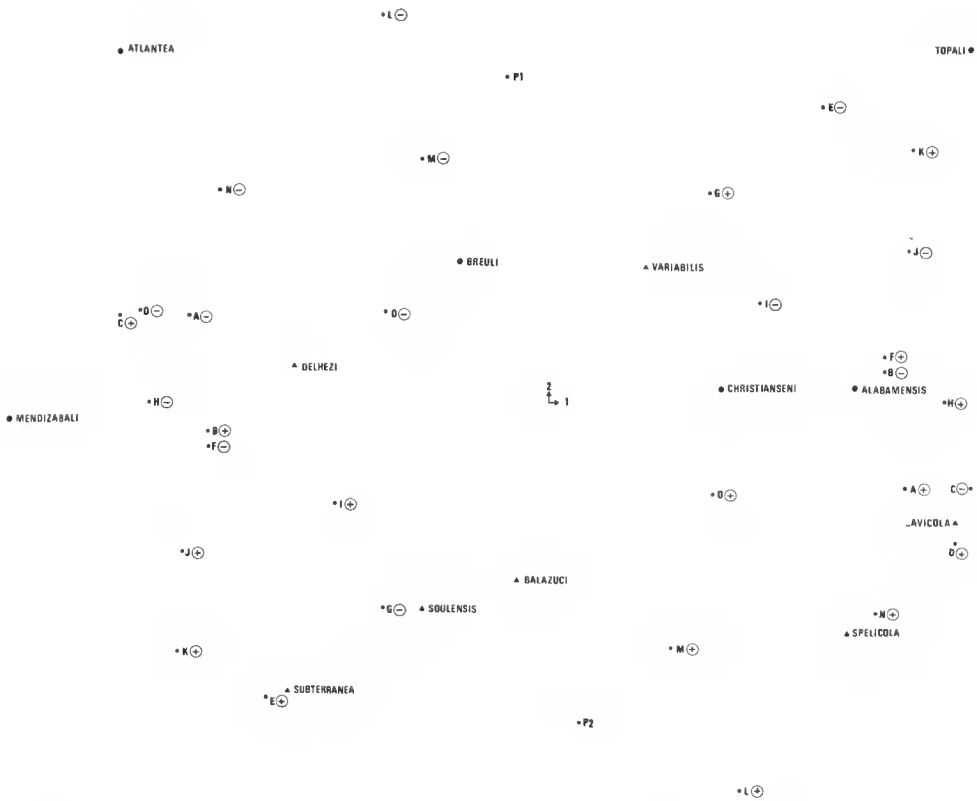


FIG. 14. — *Bonetogastrura* et *Typhlogastrura* : Analyse de correspondance : représentation dans le plan des axes 1 et 2. Les lettres correspondent aux caractères considérés qui sont donnés dans le tableau III. Le signe + indique un sens « plus » ; le signe — indique un sens « moins » (exemple : pour le caractère D, nombre de cornéules ; + : beaucoup de cornéules ; — : peu ou pas de cornéules).

deux genres réunis, nous voyons que la division entre ceux-ci est assez bien respectée ; seule *B. variabilis* se rapproche des deux autres espèces nord-américaines (*T. alabamensis* et *christianseni*). Toutes les espèces ne sont pas alors regroupées en « nuages », elles sont dispersées ; ce sont donc de « bonnes » espèces bien individualisées.

Comme nous l'avons signalé pour *Schaefferia* (HERMOSILLA, THIBAUD, KEUCK, 1984), l'hétérogénéité de ces deux genres, ajouté aux distances, en général, assez grandes entre les espèces, prouvent que celles-ci sont de « bonnes » espèces. Ajoutons que, là encore, comme pour *Schaefferia*, vu la grande variabilité intraspécifique et l'hétérogénéité de ces deux genres, on ne saurait trop insister sur le fait que l'on doit travailler sur d'importantes populations.

CONCLUSIONS

The following principal conclusions were obtained :

— The two genera are heterogeneous, although *Typhlogastrura* in a minor degree. Heterogeneity increases when the two genera are studied together.

— The number of eyes is always the most important character for classification ; in *Bonetogastrura* followed by total length, in *Typhlogastrura* by length of claw, number of tubercles on the post antennal organ and S.S. on antennal article IV.

— In each genus considered separately as well as in both analyzed together, two great groups can be distinguished. The two genera are not clearly separated here, but in the dendrograms obtained from the distance matrices without ponderation "a priori" the North American and European species are placed in different groups. In the ponderation classifications, only *B. cavicola*, a sort of intermediate species between *Ceratophysella* and *Bonetogastrura*, shows a different position.

— Analysis of correspondence partially groups the species in "clouds" when the genera are studied separately ; but the graph of the two jointed genera shows a greater dispersion, proving that the species are "good" and well differentiated, and also the distinction between the two genera is more pronounced than in the dendrograms.

Some species stay together in all the analyses, such as *Bonetogastrura soulensis* and *balazuci* or *Typhlogastrura christianseni*, *alabamensis* and *breuii*.

As we already indicated discussing *Schaefferia* (HERMOSILLA, THIBAUD, KEUCK, 1984), the heterogeneity of the two genera together with the generally rather marked distances between the species, prove that these are good species. Moreover, in view of the great intraspecific variability and the heterogeneity of these genera, we want to draw attention on the importance of studying representative populations.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENZECRI, J.-P., 1973. — L'analyse des données. 2 : L'analyse des correspondances. Dunod, Paris, 619 p.
- BISCHLER, H., et P. JOLY, 1969. — Essais d'application de méthodes de traitement numérique des informations systématiques. II. Étude des espèces européennes, africaines et sud-américaines de *Calypogeia*. *Revue Bryol.*, 36 : 691-714.
- BONET, F., 1930. — Remarques sur les Hypogastruriens cavernicoles avec descriptions d'espèces nouvelles. *Eos*, 6 : 113-139.
- CARL, J., 1906. — Beitrag zur Höhlenfauna der insubrischen Region. *Revue suisse Zool.*, 14 : 614.
- CHRISTIANSEN, K., 1951. — Notes on Alaska Collembola. II. Three new species of arctic Collembola. *Psyche*, 58 : 125-140.
- DELAMARE, Cl., 1951. — Notes faunistiques sur les Collemboles de France (IX). Collemboles cavernicoles de l'Ardèche. *Bull. mens. Soc. linn.*, Lyon, 5 : 116-120.
- GISIN, H., 1953. — Collemboles cavernicoles du Jura, des Préalpes savoyardes, du Valais et du Tessin. *Stalactite*, 3 : 11-14.
- 1964. — Collemboles d'Europe. VII. *Revue suisse Zool.*, 71 : 675-677.
- HERMOSILLA, W., G. KEUCK et I. RUBIO, 1984. — Essai d'application de la taxinomie numérique à 23 espèces de Collemboles néarctiques du genre *Folsomia*. *Revue Écol. Biol. Sol* ; 21 : 87-100.
- HERMOSILLA, W., J.-M. THIBAUD et G. KEUCK, 1984. — Essai d'application de la taxinomie numérique au genre *Schaefferia* Absolon, 1900 (Insecte Collembole Poduromorphe). *Revue Écol. Biol. Sol* ; 21 : 101-114.

- JOLY, P., 1969. — Essais d'application de méthodes de traitement numérique des informations systématiques. I. Étude du groupe des *Alternaria* sensu lato. *Bull. trimest. Soc. mycol. Fr.*, **85** : 213-233.
- KEUCK, G., 1985. — Ein Fortran-Programm zur Numerischen Taxonomie mit nominalen Merkmalen. *E.D.P. In : Medicine and Biology (sous presse)*.
- LEBART, L., A. MORINEAU, et J.-P. FÉNELON, 1979. — Le traitement des données statistiques. Dunod, Paris : 1-510.
- STOMP, N., et J.-M. THIBAUD, 1974. — Description d'une espèce nouvelle de Collemboles (Insectes) cavernicoles : *Typhlogastrura delhezi* n. sp. *Annl. Spéléol.*, **29** : 187-190.
- THIBAUD, J.-M., 1974. — Subdivision de *Typhlogastrura*, genre troglobie de la famille des Hypogastruridae (Insectes Collemboles). Actes du XI^e Congrès nat. Spéléol. Périgueux 1974. *Spelunca*, **8** : 205-208.
- 1975. — Description de trois espèces nouvelles des genres *Bonetogastrura* et *Typhlogastrura* (Insectes Collemboles Hypogastruridae). *Annl. Spéléol.*, **30** : 343-346.
- 1980. — Révision des genres *Typhlogastrura* Bonet, 1930, et *Bonetogastrura* Thibaud, 1974 (Insectes, Collemboles). *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 4^e sér., **2**, sect. A, (1) : 245-287.
- WARD, J.-M., 1963. — Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Ann. Statist. Ass.*, **58** : 236-244.

